

## SEMICONDUCTOR ACCELERATION SENSOR AND ITS DETECTING DEVICE

Patent Number: JP6160419

Publication date: 1994-06-07

Inventor(s): UMEDA HIDENOBU; others: 03

Applicant(s): OMRON CORP

Requested Patent:  JP6160419

Application Number: JP19920332172 19921119

Priority Number(s):

IPC Classification: G01P15/02; G01P15/125; H01L29/84

EC Classification:

Equivalents: JP3289069B2

### Abstract

**PURPOSE:** To provide a semiconductor acceleration sensor the characteristics of which do not vary much and the output of which has excellent linearity against acceleration changes.

**CONSTITUTION:** After forming an n-layer (diffusion layer) 10a at a prescribed middle position of a silicon board 10 formed basically of P-type silicon, the P-type silicon is removed from the prescribed part of the board 10 by performing electrochemical etching from the bottom side until the etching reaches the layer 10a and a beam section 13 is constituted of the remaining layer 10a. Since the thickness of the layer 10a can be accurately controlled, the thickness of the section 13 can be accurately controlled and the sensitivity variation between each sensor can be suppressed. In addition, when the areas S1 and S2 of electrodes and distances d1 and d2 between the electrodes and this sensor are set so that the relation between them can be expressed by  $d2=d1(S2/S1)<1/3>$ , the output of the sensor in its normal condition coincides with the changing point of the output characteristics of the sensor.

JP-A-6-160419 discloses a semiconductor acceleration sensor the characteristics of which do not vary much and the output of which has excellent linearity against acceleration changes.

After forming an n-layer (diffusion layer) 10a at a prescribed middle position of a silicon board 10, which is basically made of P-type silicon, the P-type silicon is removed at a predetermined part of the board 10 by performing electrochemical etching from the bottom side until the etching reaches the n layer 10a. A beam section 13 is constituted of the remaining n layer 10a. Since the thickness of the n layer 10a can be accurately controlled, the thickness of the beam section 13 can be accurately controlled and the sensitivity variation between each sensor can be suppressed. In addition, when the areas S1 and S2 of electrodes and distances d1 and d2 between the electrodes are set so that the relation between them can be expressed by  $d_2 = d_1(S_2/S_1)^{1/3}$ , the output of the sensor in its normal condition coincides with the changing point of the output characteristics of the sensor.

Fig. 1 shows the 1st example of the acceleration sensor concerning this invention. A glass plate 11 is arranged at the vertical both-sides of a fundamental element, i.e., a silicon board 10, which is a semiconductor board. This silicon board 10 has a structure in which a weight section 14 is connected in the shape of a cantilevered suspension through two or more beam sections 13 to a rectangular frame 12. The vertical both sides of the weight section 14 form the 1st and the 2nd movable electrode 15, 16. The 1st and the 2nd fixed electrode 17, 18

have been formed on the surfaces of the glass plates 11, which face the two electrodes 15, 16, by depositing aluminum using vacuum evaporationo etc.

In this invention, n layer (diffusion layer) 10a is formed by doping in the middle predetermined position of the silicon board 10 made basically of p type silicon. The n layer constitutes the upper sides of the weight section 14 and the connecting beam section 13. In order to manufacture the sensor (silicon board) having the above structure, electrochemistry etching of the predetermined part is carried out from the bottom of the silicon board, in which the n layer 10a has been formed. Then, P type silicon is removed until it reaches the n layer 10a. Therefore, the thickness of the beam section 13 becomes equal to the thickness of the n layer 10a. Since the thickness can be controlled easily and precisely using the diffusion depth of the n layer 10a, the deviation in the performance (sensitivity) between each manufactured sensor can be suppressed.

In this example, the area S1 of the 1st movable electrode 15 becomes larger than the area S2 of the 2nd movable electrode 16 since electrochemistry etching was performed from the bottom, so the areas of the corresponding fixed electrodes are set to be different from each other (equated with the areas of the corresponding movable electrodes). However, as the conventional example shown in Fig. 10, it can be applied to the upper-lower-symmetrical configuration, as a matter of course. Alternatively, a P type silicon board and an N type silicon board

(they have substantially the same 2-D shape) may be stacked in a laminating arrangement rather than forming the n diffusion layer in the predetermined part of the P type silicon as mentioned above (in that case, N type silicon and P type silicon are also located in the frame 12 over the perimeter).

Furthermore, in this example, since the areas of the upper and lower electrodes differ from each other as described above, if inter-electrode distances d1 and d2 used as each set are set to be equal, the linearity of the output to the change of acceleration will lower. Moreover, if the beam section 12 and the weight section 13 are horizontally arranged in order to detect vertical acceleration as shown in Fig. 2, the weight section 13 moves toward the ground because of the gravity even though there is no acceleration to be detected. As a result, although d1 and d2 are set to be  $d1=d2$  in the state shown in Fig. 1, it will become  $d1>d2$  under an actual operating condition.

In that case, the relations of the above-mentioned areas S1 and S2 and distance d1 and d2 are set up as follows to improve the linearity. That is, the output  $\Delta C$  when predetermined acceleration is applied (except for acceleration such as gravitational acceleration, which always acts) and the weight section 13 is displaced by x from the reference state (in which the inter-electrode distance are d1 and d2, respectively) is expressed the following equation as described above.

[Equation 2]

$$\Delta C = \epsilon S1 / (d1+x) - \epsilon S2 / (d2-x) \quad (3)$$

Therefore, the linearity of  $\Delta C$  over the acceleration at this time becomes the best when the  $\Delta C$  in the reference state, or  $X=0$ , is the changing point P shown in Fig. 11. More specifically, the secondary derivative of the above-mentioned equation (3) is zero. The secondary derivative  $\Delta C''$  is expressed in the following equation.

[Equation 3]

$$\Delta C'' = k (S1/(d1+x)^3 - S2/(d2-x)^3) \quad (4)$$

Where, k is arbitrary constants.

The condition for  $\Delta C'' = 0$  being realized at the time of  $x=0$  is

$$d2 = d1 (S2/S1)^{1/3} \quad (5)$$

by substituting each value for the equation (4).

Therefore, each value is set up to satisfy the above-mentioned conditional equation (5). That is, because of the manufacturing process requirements, the areas  $S1$  and  $S2$  are determined earlier. Therefore, the ratio of  $d1$  to  $d2$  is acquired by substituting the areas  $S1$  and  $S2$  into the equation (5). The sensor structure that provides the best linearity can be acquired, for example, by removing the upper surface side 10b of the semiconductor board 10 shown in Fig. 1 by the specified quantity using etching etc to satisfy the above condition.

The adjustment for acquiring the optimal structure cannot be restricted to the above-mentioned method, and can take various methods such as removing arbitrary parts. Moreover, the above-mentioned electrode areas  $S1$  and  $S2$  are the effective areas, i.e., the areas at which the electrodes overlap with each

other (when the area of a fixed electrode is smaller, it is the area of the fixed electrode).

Furthermore, the linearity becomes the maximum when the above-mentioned conditional equation (5) is fulfilled. However, it is not necessary to fulfill this condition correctly. A predetermined range may be given in accordance with specification (target tolerance) etc.

In addition, the amount of bending by gravitational acceleration as shown in Fig. 2 needs to be compensated by: acquiring how much it displaces from the horizontal position with calculation from the weight of the weight section 14, the elastic modulus of the beam section 13, etc.; and adjusting d1 and d2, which were obtained by the above-mentioned conditional equation in consideration of the amount of displacement when it is actually manufactured.

使用後返却願います

①

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-160419

(43)公開日 平成6年(1994)6月7日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup> G 0 1 P 15/02 15/125 H 0 1 L 29/84	識別記号 A	府内整理番号 A 9278-4M	F I	技術表示箇所
--	--------	------------------	-----	--------

審査請求 未請求 請求項の数4(全9頁)

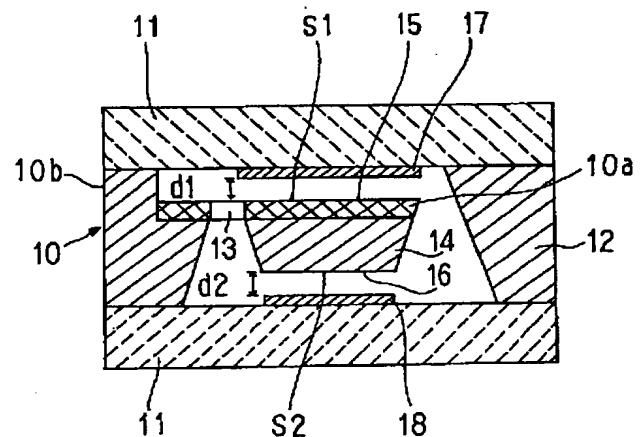
(21)出願番号 特願平4-332172	(71)出願人 000002945 オムロン株式会社 京都府京都市右京区花園土堂町10番地
(22)出願日 平成4年(1992)11月19日	(72)発明者 梅田 秀信 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ ムロン株式会社内
	(72)発明者 日笠 浩一 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ ムロン株式会社内
	(72)発明者 宇野 圭輔 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ ムロン株式会社内
	(74)代理人 弁理士 松井 伸一
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体加速度センサならびにその検出装置

(57)【要約】

【目的】 特性のばらつきが少ない、しかも加速度の変化に対する出力の直線性の良い半導体加速度センサを提供すること

【構成】 P型のシリコンを基本として形成されるシリコン板10の中間の所定位置にn層(拡散層)10aを形成し、P型シリコン側(下側)からその所定部位を電気化学エッティングしてn層に到達するまでP型シリコンを除去し、残ったn層により梁部13を構成する。n層の厚さは正確に制御できるため、梁部の厚さも正確に制御でき、各センサ間での感度のばらつき抑制される。また、各電極面積をS1, S2とし、電極間の距離をd1, d2として、それらが「d2=d1 (S2/S1) 1/3」となるように設定することにより、基準状態での出力が、出力特性の変位点に一致する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 枠体に対して梁部を介して一体に接続され、加速度に応じて変位する重り部の両面に可動電極が形成された半導体板と、

前記両可動電極にそれぞれ所定の間隙をおいて対向させた固定電極を備え、前記半導体板を挟持するように配置されたガラス板等の基板とを備え、

前記変位にともない、それぞれ対となる前記可動電極と前記固定電極との間で生じる静電容量の差から加速度を検出する半導体加速度センサであって、

前記半導体板が、所定位置に配置されたn層とp層を備え、前記重り部を変位可能に支持する前記梁部の表面の延長部位に前記両層の境界面を位置させてなる半導体加速度センサ。

【請求項 2】 前記重り部の一方の面に形成された前記可動電極とそれと対向する前記固定電極との距離とその電極面積、ならびに前記重り部の他方の面に形成された前記可動電極とそれと対向する前記固定電極との距離とその電極面積とが、

加速度がかかっていない基準状態で、対となる前記電極間で生じる両静電容量が、略等しくなるように調整されてなる請求項 1 に記載の半導体加速度センサ。

【請求項 3】 少なくとも 2 組の可動電極と固定電極とを備え、両電極間に生じる各静電容量の差から、加速度を検出する差動型の半導体加速度センサの検出装置であって、

電気的に接続された前記各可動電極に対し所定の発振信号を入力する発振回路と、

前記各固定電極に接続され、与えられた前記発振信号を前記各静電容量にて微分して得られた各 PWM 信号を減算することにより加速度に応じた出力を得る手段とを備えた半導体加速度センサ用検出装置。

【請求項 4】 少なくとも 2 組の可動電極と固定電極とを備え、両電極間に生じる各静電容量の差から、加速度を検出する差動型の半導体加速度センサの検出装置であって、

前記各固定電極に接続され、対となる各電極間にに対して交互に所定の電圧を印加する手段と、

電気的に接続された前記可動電極に接続され、前記電圧を印加する手段によって各静電容量に蓄えられた電荷を同時に差動增幅回路に入力する手段とを備え、

前記差動增幅回路にて前記各静電容量の差を電圧に変換することにより、加速度に応じた出力電圧を得るようにした半導体加速度センサ用検出装置。

$$\Delta C = \epsilon S_1 / (d_1 + x) - \epsilon S_2 / (d_2 - x) \quad (3)$$

となる。そして、特性上、その形状を上下対象に形成するのが好ましいため、 $S_1 = S_2$ 、 $d_1 = d_2$ とした時の加速度に対する静電容量ならびにその差の変化を図 1 に示す。なお、変位  $x$  は加速度の大きさに比例するものとする。そして、図から明らかなように加速度 0 G 付

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、静電容量型の半導体加速度センサならびにその検出装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の静電容量型の半導体加速度センサは、例えば図 1 0 に示すようなものがある。この図示の例では、いわゆる差動型と称されるもので、半導体基板であるシリコン板 1 の中央に梁部 2 を介して重り部 3 を一体的に形成し、またシリコン板 1 の上下両面にガラス板 4 を配置する。この時、重り部 3 の上下両面と、ガラス板 4 の対向面との間には、所定の空隙が形成され、重り部 3 の揺動を許容している。そして重り部 3 の上下両面を第 1、第 2 の可動電極 5、6 とし、この両可動電極 5、6 に対向するガラス板 4 の内面所定位置にアルミ蒸着等により第 1、第 2 の固定電極 7、8 を形成する。

【0003】 ところで、上記第 1 の可動電極 5 と、第 1 の固定電極 7 との間には静電容量 C 1 が生じており、また同様に第 2 の可動電極 6 と、第 2 の固定電極 8 との間には、静電容量 C 2 が生じている。そして、このセンサに加速度が加わると梁部 2 が撓み、対向する両電極 5 と 7、6 と 8 間の距離が変化し、この距離の変化により上記の両静電容量 C 1、C 2 も変化する。この時、両容量の差  $\Delta C$  ( $\Delta C = C_1 - C_2$ ) を検知することにより加速度を求めるようになっている。

【0004】 かかる構成（差動型）とすることにより、第 1、第 2 の静電容量 C 1、C 2 が有している温度特性ならびに寄生容量が互いに減算されてキャンセルされるため、特性が向上する。さらに、以下に示す理由から加速度の変化に対する出力（静電容量の差  $\Delta C$ ）の直線性が向上する。すなわち、上側の電極面積（第 1 の可動電極と固定電極の重合する面積で、通常は両者を一致させるか、固定電極側を大きくするため第 1 の可動電極 5 の大きさと等しい）を S 1 とし、下側の電極面積（同様の理由から第 2 の可動電極 6 の大きさと等しい）を S 2 とし、さらに、それぞれの対向する電極間の距離を d 1、d 2 とする。この状態で加速度が加わり重り部 3 が  $x$  (便宜上下方への移動を正とする) だけ変位した時の各静電容量 C 1、C 2 は、

$$C_1 = \epsilon S_1 / (d_1 + x) \quad (1)$$

$$C_2 = \epsilon S_2 / (d_2 - x) \quad (2)$$

となり、その静電容量の差  $\Delta C$  は、

## 【0005】

## 【数1】

$$\Delta C = \epsilon S_1 / (d_1 + x) - \epsilon S_2 / (d_2 - x) \quad (3)$$

近では C 1、C 2 単独のものに比し、 $\Delta C$  の方が直線性が良くなっている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記した従来の差動型の加速度センサでは、以下に示す問題を有して

いる。すなわち、梁部2や重り部3は、平板状のシリコン基板を異方性エッチングを行い、その基板の所定部位を除去することにより形成するが、その除去量すなわち梁部2の厚さは、エッチング時間により制御されるが、処理対象となるシリコンウエハの厚さが異なることから、製造された梁部2の厚さもばらつく。すると、その梁部2の剛性（弾性係数）等もばらつき、センサの感度のばらつきを生じる。

【0007】また、縦方向（重力加速度の方向と同一方向）の加速度を検出する場合には、定常状態において、重り部3に常時重力加速度（1G）が加わるため、実際には重り部3は図10に示す状態より下方に位置、すなわち、所定の距離 $x$ だけ変位する。よって、下方の距離 $d_2$ の方が上方の距離 $d_1$ より短くなり、図11に示す特性図中、点Qを中心に静電容量が変化することになる。その結果、直線性が低下する。

【0008】さらにまた、従来の加速度センサは、いずれも静電容量の変化を周波数の変化として検出するようになっていたが、例えば係る加速度センサを自動車のアクティブサスペンションやエアバックシステム等の作動を制御するための検出部に用いる場合には、係る周波数を用いた加速度検出では、十分な応答を得ることができない。

【0009】本発明は、上記した背景に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、特性のばらつきが少なく、しかも加速度の変化に対して直線性の良い半導体加速度センサを提供すること、ならびにそれに用いる検出装置を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明に係る半導体加速度センサでは、枠体に対して梁部を介して一体に接続され、加速度に応じて変位する重り部の両面に可動電極が形成された半導体板と、前記両可動電極にそれぞれ所定の間隙をおいて対向させた固定電極を備え、前記半導体板を挟持するように配置されたガラス板等の基板とを備え、前記変位にともない、それぞれ対となる前記可動電極と前記固定電極との間で生じる静電容量の差から加速度を検出する半導体加速度センサであって、前記半導体板が、所定位置に配置されたn層とp層を備え、前記重り部を変位可能に支持する前記梁部の表面及びその延長部位に前記両層の境界面を位置させた。

【0011】また、好ましくは、前記重り部の一方の面に形成された前記可動電極とそれと対向する前記固定電極との距離とその電極面積、ならびに前記重り部の他方の面に形成された前記可動電極とそれと対向する前記固定電極との距離とその電極面積とが、検出対象の加速度がかっていない基準状態で、対となる前記電極間で生じる両静電容量が、略等しくなるように設定することである。

【0012】また、少なくとも2組の可動電極と固定電極とを備え、両電極間に生じる各静電容量の差から、発生した加速度を検出する差動型の半導体加速度センサの検出装置としては、電気的に接続された前記各可動電極に対し所定の発振信号を入力する発振回路と、前記各固定電極に接続され、与えられた前記発振信号を前記各静電容量にて微分して得られた各PWM信号を減算することにより加速度に応じた出力を得る手段とを備えた。

【0013】また、他の検出装置としては、前記各固定電極に接続され、対となる各電極間に対して交互に所定の電圧を印加する手段と、電気的に接続された前記可動電極に接続され、前記電圧を印加する手段により各静電容量に蓄えられた電荷を、同時に差動增幅回路に入力する手段とを備え、前記差動增幅回路にて前記各静電容量の差を電圧に変換することにより、加速度に応じた出力電圧を得るようにもよい。

#### 【0014】

【作用】可動電極が形成される半導体基板の所定位置にp層とn層を設けたため、一方側（例えばp層）から電気化学エッチングすると、n層に到達するまでp層のエッチング部位が除去される。よって、例えば係るn層部位で梁部を構成することにより、梁部の厚さが正確に制御される。

【0015】そして、基準状態（なお、重力加速度が加わり、重り部（可動電極）が所定量変位する場合には、その変位後（重力加速度以外はかかっていない）の状態）における、各静電容量が略等しくなるように設定されている場合には、各静電容量の差分（センサ出力）の直線性が良好となり、感度のよいセンサとなる。

【0016】また、本発明の検出装置を用いたなら、各静電容量の差分を直流成分として取り出すことができ、応答性のよい加速度の検出が行われる。

#### 【0017】

【実施例】以下、本発明に係る半導体加速度センサならびにその検出装置の好適な実施例を添付図面を参照にして詳述する。図1は本発明に係る加速度センサの第1実施例を示している。図示するように、基本的な構成、すなわち、半導体板であるシリコン板10の上下両面側にガラス板11を配置し、このシリコン板10は、口字状の枠体12に対し、複数の梁部13を介して重り部14を片持ち支持状に連結した構成からなる。そして、その重り部14の上下両面を第1、第2の可動電極15、16とし、両電極15、16に対向するガラス板11の表面にアルミ蒸着等により第1、第2の固定電極17、18を形成する点は、従来と同様である。

【0018】ここで本発明では、P型のシリコンを基本として形成されるシリコン板10の中間の所定位置に例えばドーピングにより、n層（拡散層）10aを形成している。そして、このn層は、梁部13並びにそれに連続する重り部14の上側を構成するようになっている。

【0019】そして係る構成のセンサ（シリコン板）を製造するには、n層10aが形成された板状のシリコン板に対して、下側からその所定部位を電気化学エッティングする。すると、P型シリコンは、n層10aに到達するまで除去される。よって、梁部13の厚さは、n層10aの厚さと等しくなり、しかも係る厚さの制御はn層10aの拡散深さにより容易かつ精密に行えるので、製造された各センサ間での性能（感度）のばらつきが可及的に抑制できる。

【0020】なお、本例では、下側から電気化学エッティングを行ったため、第1の可動電極15の面積S1の方が、第2の可動電極16の面積S2よりも大きくなり、それにともない対応する各固定電極の面積も相違（対となる可動電極の面積と略一致）させているが、従来例として示した図10のように、上下対象の形状に適用してももちろんよい。さらには、上記のようにP型のシリコンの所定部位にn拡散層を設けるのではなく、板状（略同一平面形状からなる）のP型シリコンとN型シリコンとを層状に積層配置するようにしても良い（係る場合には、枠体12にもその全周にわたってN型とP型のシリコンが位置する）。

$$\Delta C = \varepsilon S1 / (d1 + x) - \varepsilon S2 / (d2 - x) \quad (3)$$

である。

【0024】したがって、この時の $\Delta C$ の加速度に対する直線性が最も良くなる条件は、基準状態のとき、すなわち、 $x = 0$ の時の $\Delta C$ が、図11に示した変移点Pになるようになればよく、具体的には上記式（3）の2次

$$\Delta C'' = k (S1 / (d1 + x))$$

但し、kは任意の定数である。

【0026】そして、 $x = 0$ の時に $\Delta C'' = 0$ が成り立つための条件は、式（4）に各値を代入することにより、

$$d2 = d1 (S2 / S1)^{1/3} \quad (5)$$

となる。

【0027】したがって、上記の条件式（5）が成り立つように、各値を設定する。すなわち、製造プロセス上面積S1、S2が先に決定されたため、係る面積を式（5）に代入してd1とd2の比を求める。そして、かかる条件を満たすように、例えば図1に示す半導体板10の上面側10bをエッティング等により所定量だけ除去することにより、直線性の最も良くなるセンサ構造を得ることができる。なお、最適な構造を得るための調整は、上記したものに限ることはなく、任意の箇所を除去するなど種々の方式をとることができる。また、上記の電極面積S1、S2は、実際には、有効面積、すなわち、対となる電極の重合する面積（固定電極の面積が小さい場合には、その固定電極の面積）である。

【0028】さらに、上記の条件式（5）を満たすのが最も直線性が良好になるが、正確にこの条件を満たさせる必要はなく、仕様（目標とする許容誤差範囲）等にあ

【0021】さらに、本例では上記したことく上側と下側の電極の面積が異なるため、各対となる電極間の距離d1、d2を等しくすると、加速度の変化に対する出力の直線性が低下する。また、図2に示すように、縦方向の加速度を検知するために、梁部12、重り部13が水平状態になるよう配置すると、重り部13に重力加速度が常時加わり、検知しようとする加速度が無い状態でも図示するように重り部が下方に移動し、仮に図1に示す状態でd1=d2と設定したとしても実際の使用状況下ではd1>d2となる。

【0022】係る場合に直線性を良好にすべく、上記の面積S1、S2並びに距離d1、d2の関係を、以下に示すように設定する。すなわち、加速度（常時加わっているような重力加速度等は除く）がかかっていない基準状態（対となる電極間の距離がそれぞれd1、d2となっている）から、所定の加速度がかかって重り部13が下方にxだけ変位した場合の出力 $\Delta C$ は、上記したことく

【0023】

【数2】

$$3 - S2 / (d2 - x)^3 \quad (4)$$

導関数が0となることである。従って、2次導関数 $\Delta C''$ は、

【0025】

【数3】

$$3 - S2 / (d2 - x)^3 \quad (4)$$

させて、一定の範囲を持たせて設定するようにしても良い。

【0029】なお、図2に示すような、重力加速度による揺み量は、重り部14の重さ並びに梁部13の弾性係数等から計算により水平位置からどの程度変位するかを求め、実際に製造する際には、その変位量を考慮して、上記の条件式により得られたd1、d2に足し込みなどの調整をする必要がある。

【0030】図3は、本発明に係る検出装置の第1実施例を示している。同図に示すように、上記した実施例における加速度センサの2組の電極間で生じる静電容量C1、C2と、2つの抵抗R1、R2とでブリッジ回路を構成する。なお、2つの静電容量C1、C2の接続側は、例えばシリコン板10に形成された第1、第2の可動電極15、16に接続された配線を接続することにより構成され、その両可動電極15、16に発振回路20の出力を印加するようとする。

【0031】そして、この両電極15、16の接続構造としては、例えば図4に示すように、重り部13の下面側にアルミ蒸着19等を施すことにより第2の可動電極16を形成し、そのアルミ蒸着の端部19aをn層10aに接続することにより、両可動電極15、16が同

電位となり、配線引き出しが容易に行える。

【0032】さらに、両静電容量C1, C2の他端（この例では固定電極17, 18の配線）をシュミット回路21a, 21b並びに整流回路22a, 22bを介して差動增幅回路23に接続する。

【0033】次に、上記した実施例の動作原理について、図5に示すタイミングチャートを用いて説明する。まず、発振回路20から、周期Tの矩形波が output され（同図（A））、それを両静電容量C1, C2で微分する（同図（B））。そして、微分された信号をシュミット回路21a, 21bに入力することにより、矩形波を作る（同図（C））。そして、この矩形波のパルス幅tは、時定数C1R1およびC2R2に比例する（PWM信号）。

【0034】次いで、係る矩形波を整流回路22a, 22bに入力し、そこにおいて、パルス幅tすなわち静電容量C1, C2に応じた直流信号が得られる（同図（D））。そしてこれら、両直流信号を差動增幅回路23に入力することにより、上記の△Cに比例した直流信号がその回路23から出力されることになる。なお、図示の例では、C1=C2のために各波形は同一形状となっているが、加速度が加わり静電容量が変化したなら、各波形のデューティー比等が適宜変化する。

【0035】係る構成にしたことにより、加速度の大きさ（変化）に伴い両静電容量の差分（△C）を直流信号の大小（変化）で見ることができ、応答性が良く、例えば、これをエアパックシステムに搭載した場合には、差動增幅回路23の出力がある閾値を越えたときに、作動信号を発する（例えばその回路の出力並びに前期の閾値を比較に入力することにより簡単に構成できる）こと等に応用できる。

【0036】なお、本実施例の具体的な回路構成の一例を図6に示す。この例では、基準状態で出力が2.5Vになるように調整されている。また、本実施例では、直流信号を出力するようにしたが、例えば、後段の装置等で直流信号が必要でない場合には、シュミット回路21a, 21bからのPWM信号を取り出すことにより、デジタル的な処理が可能となる。

$$\begin{aligned} V_{out} &= \alpha (Q_1 - Q_2) \\ &= \alpha \varepsilon (S_1 * V_1 / (d_1 + x) + S_2 * V_2 / (d_2 - x)) \end{aligned} \quad (6)$$

但し、 $\alpha$ は回路定数により決定される定数

そして、この時のVoutの加速度に対する直線性が最も良くなる条件は、上記したように基準状態（x=0）の時に図11に示す変曲点Pに位置することであるため、

$$V_{out}'' = k (S_1 * V_1 / (d_1 + x))^3 - S_2 * V_2 / (d_2 - x)^3$$

より、

$$V_2 = V_1 * (S_1 / S_2) * (d_2 / d_1) \quad (7)$$

である。

【0044】よって、上記式（7）の条件を満たすよう

【0037】なお、本発明に係る検出装置は、上記した本発明に係る加速度センサの出力検出として適用できるのはもちろんのこと、図10に示すものの他、従来の差動型の各種の加速度センサに適用しても良い（以下、同じ）。

【0038】図7は本発明に係る検出装置の第2実施例を示している。同図に示すように、まず半導体加速度センサ15の第1, 第2の固定電極17, 18に対し、第1, 第2のアナログスイッチ30a, 30bを介して直流電圧（Vin）を印加するようしている。さらに、電気的に接続されて共通電極となる第1, 第2の可動電極15, 16には、第3のアナログスイッチ31を介して、差動增幅器であるオペアンプ32の反転入力端子に接続するようしている。

【0039】そして、第1, 第2のアナログスイッチ30a, 30bの動作タイミングφ1, φ2は、図8に示すようになっており、第3のアナログスイッチ31の動作タイミングは上記第2のアナログスイッチ30bのそれと一致させている。かかる構成とすることにより、スイッチトキャバシタ回路が構成され、その静電容量C1, C2の差（△C）に対応した差動出力（電圧）として検出することができる。

【0040】図9は、本発明に係る検出装置の第3実施例を示しており、その構成としては、上記した第2実施例と略同様であるが、第1, 第2の固定電極17, 18に印加する電圧V1, V2を異ならせている。なお、その他の構成並びに作用は、上記した第2実施例と同様であるため、同一符合を付しその説明を省略する。

【0041】そして、それら各電圧V1, V2が印加された加速度センサ内の各静電容量C1, C2には、所定の電荷Q1, Q2が蓄えられるが、その電荷Q1, Q2はオペアンプ32を介して下記式に示すような出力電圧Voutとして出力される（なお、下記式（6）においてV1=V2とすれば、上記第2実施例における出力電圧となる）。

【0042】

【数4】

上記式（6）のx=0の時の2次導関数（Vout''）が0として解くと、

【0043】

【数5】

な電圧V1, V2を設定することにより、加速度に対する直線性を最も良くすることができる。すなわち、たと

え差動型の加速度センサの電極面積、電極間の距離に差異やばらつき等があっても、上記式(7)を満たす、或いはそれに近い条件の電圧を与えるのみで、直線性の良好な加速度センサ(検出装置)を構成することができる。

#### 【0045】

【発明の効果】以上のように、本発明に係る半導体加速度センサでは、梁部が、他の重り部や枠体等とは異なる材質(n層或いはp層)で構成されるため、電気化学エンジニアリングなどにより不要部分を除去することにより、梁部を除くn層(p層)のみで構成することができる。すなわち、その梁部の厚さは、n層(p層)の厚さとなり、正確に所定厚さに形成することができる。よって、特性(感度)のばらつきが少なくなる。そして、各電極の面積や、電極間の距離を、基準状態で各静電容量が略等しくなるように設定した場合には、加速度の変化に対して直線性の良い出力特性が得られる。さらに本発明に係る検出装置では、各静電容量の差分に対応する直流信号として出力することが可能となり、検出が簡単で応答性が良好となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体加速度センサの好適な一実施例を示す断面図である。

【図2】使用状況下の一例を示す図である。

【図3】本発明に係る検出装置の第1実施例を示す図である。

【図4】第1、第2の可動電極の接続の一例を示すブロック図である。

【図5】図3に示す回路のタイミングチャート図である。

【図6】図3に示す回路の具体的な構成を示す回路図である。

【図7】本発明に係る検出装置の第2実施例を示す図である。

【図8】アナログスイッチの動作タイミングを示す図である。

【図9】本発明に係る検出装置の第3実施例を示す図である。

【図10】従来の半導体加速度センサの好適な一実施例を示す断面図である。

【図11】加速度に対する静電容量並びにその差の特性の一例を示す図である。

#### 【符号の説明】

10 シリコン板(半導体板)

10a n層

11 ガラス板(基板)

12 枠体

13 梁部

14 重り部

15 第1の可動電極

16 第2の可動電極

17 第1の固定電極

18 第2の固定電極

20 発振回路

21a, 21b シュミット回路(加速度に応じた出力を得る手段)

22a, 22b 整流回路(加速度に応じた出力を得る手段)

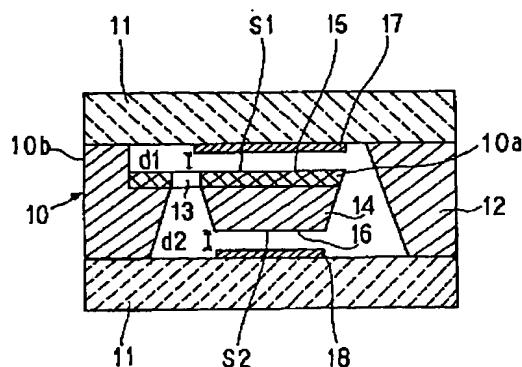
23 差動增幅回路(加速度に応じた出力を得る手段)

30a, 30b 第1, 第2のアナログスイッチ(交互に所定の電圧を印加する手段)

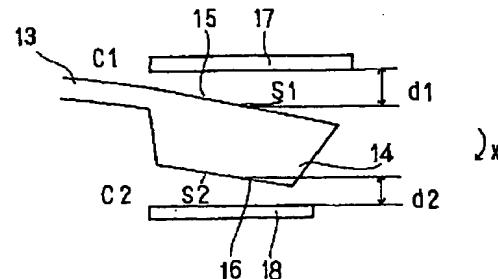
31 第3のアナログスイッチ(差動增幅回路に入力する手段)

32 オペアンプ(差動增幅回路)

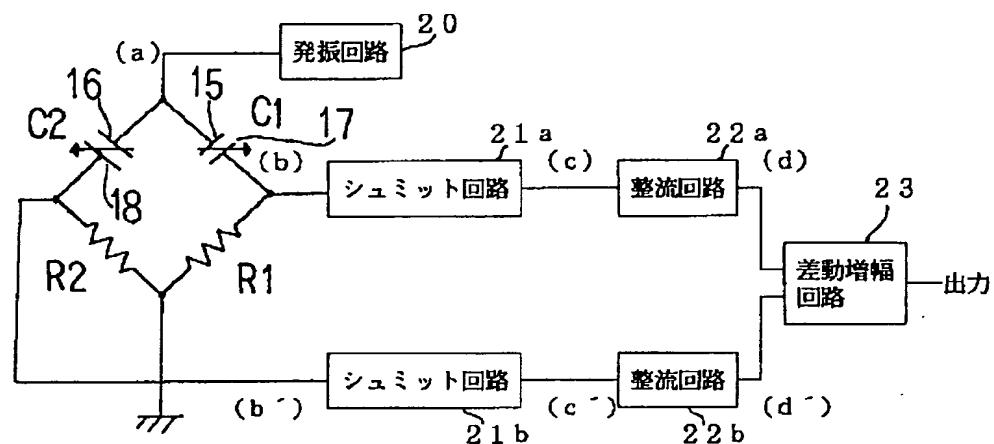
【図1】



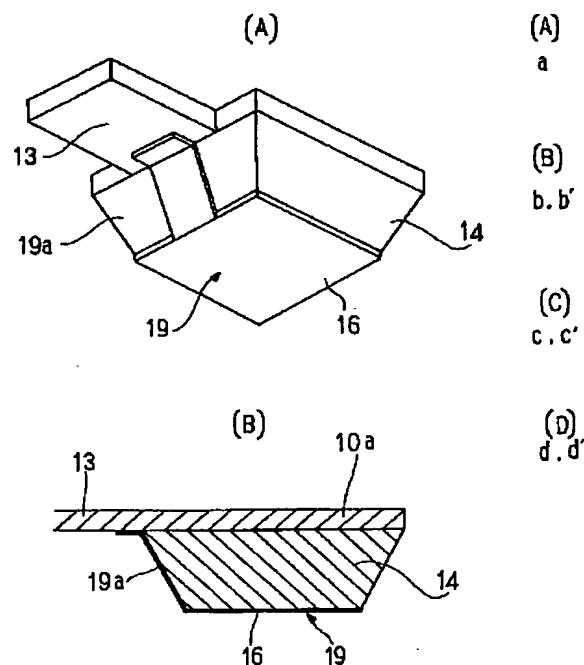
【図2】



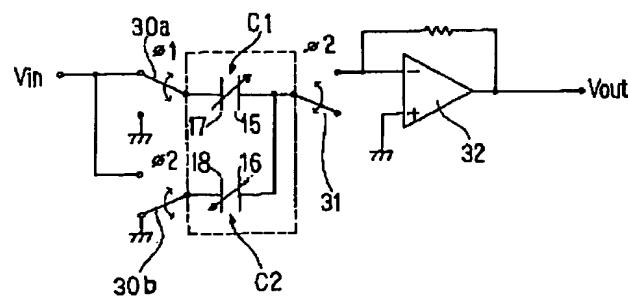
【図3】



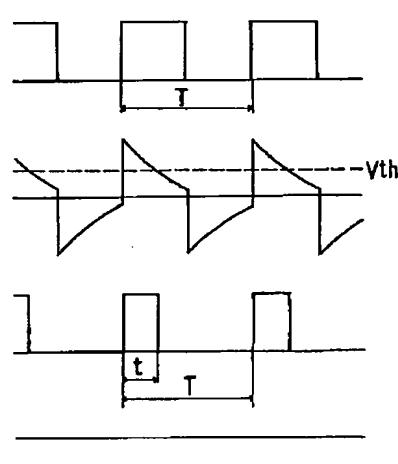
【図4】



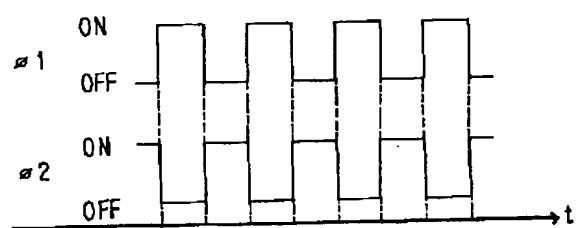
【図7】



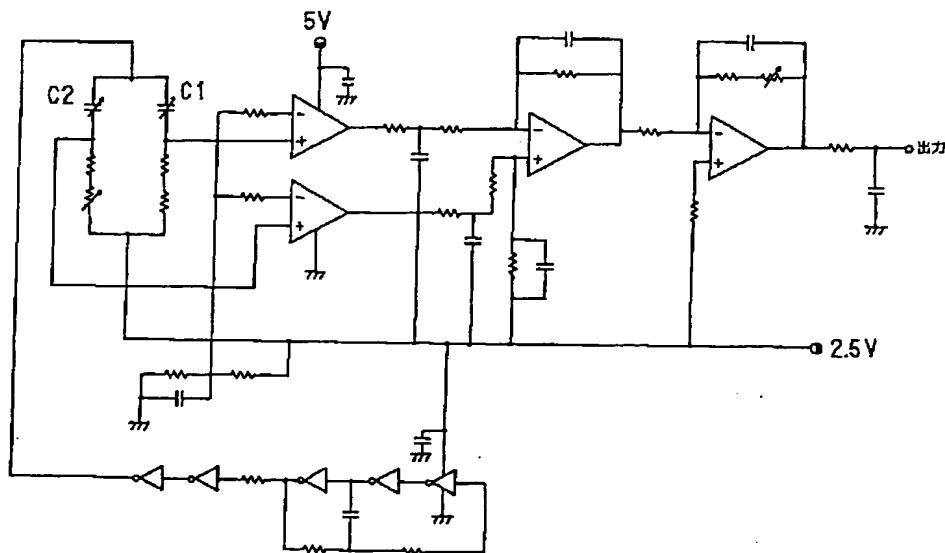
【図5】



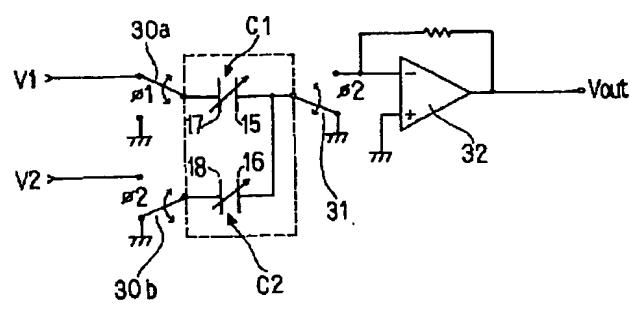
【図8】



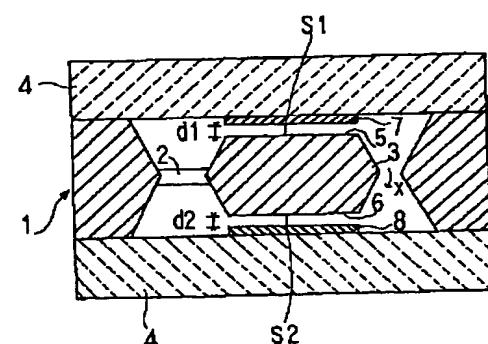
【図6】



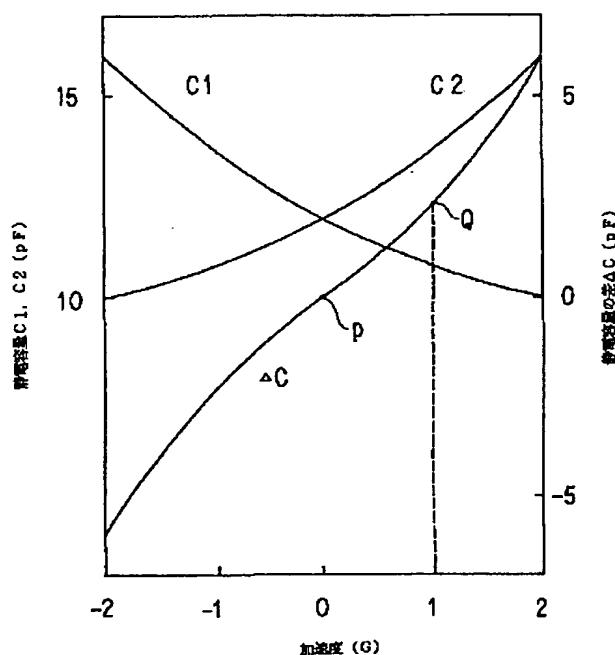
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 森田 善之  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地 才  
ムロン株式会社内

\*\*\* 特許出願 平04-332172[H 4.11.19]  
特開平06-160419[H 6. 6. 7] 特公

請求(1) 出願種別 (通常 ) \*\*\*  
[ ] 登録 [ ]  
公報発行日 [ ]

名称 半導体加速度センサ

出願人 26-000294 立石電機 (株)

発明者 梅田 秀信, 日笠 浩一, 宇野 圭輔, 森田 善之

I P C G01P 15/125 G01P 15/02 H01L 29/84

F I G01P 15/02 A G01P 15/125 H01L 29/84 A

広域 461, 262, 422 ( )

代理人 松井 伸一 (9259) 他(0)

優先権 ( ) [ ] ( ) [ ] ( )

関連種別 ( ) 原出願番号 ( ) 原登録番号 ( )

基準日 (出願日) [平 4.11.19] 遡及日 [ ] ( )

審査異議有効数 ( ) 請求項の数 (001) 権利譲渡 / 実施許諾 ( )

査定種別 (登録査定) [平14. 2. 5] 最終処分 ( ) [ ]

審査種別 (審査前置)

審査記録 (A961 職権訂正, 平 5. 2.12, : (A621 審査請求, 平11. 1.11, 95100: A)  
(A112 中間指令, 平11. 5.11, 95100: A)(A523 補正書, 平11. 5.17, :  
(A967 認定情報, 平11. 5.24, : (A967 認定情報, 平11. 5.24, :  
(A971007 検索報告, 平12. 9.18, : (A971011 利用状況, 平12. 12. 7, :  
(A131 拒絶理由, 平12. 12.19, : (A53 意見書, 平13. 2.15, :  
(A523 補正書, 平13. 2.15, : (A02 拒絶査定, 平13. 4.24, :  
(A523 補正書, 平13. 6.19, : (A523 補正書, 平13. 6.19, :  
(A911 前置移管, 平13. 7.26, : (A971015 応対記録, 平13. 8.24, :  
(A131 拒絶理由, 平13. 9. 4, : (A53 意見書, 平13. 9. 7, :  
(A523 補正書, 平13. 9. 7, : (A01 登録査定, 平14. 2. 5, : )

\*\*\* 審判 2001- 8787 [平13. 5.24] 種別 [査定不服] \*\*\*

審判請求人 26- オムロン (株)

請求人代理人 松井 伸一 (9259) 異議有効数 ( )

被請求人 -

異議申立人 ( ) -

異議申立請求項 ( ) ( ) 異議決定種別 ( ) [ ]

審判最終処分 (前置登録査定) 確定日 [平14. 1.30]

異議決定分類 ( ) - - - - -

審決分類 - - - - -

審判 / 異議記録 (T60 請求書, 平13. 5.24, 55000: A)  
(T523 補正書, 平13. 6.19, : B)(T523 補正書, 平13. 6.19, : C)  
(T91 前置移管, 平13. 7.26, : (T21 移管通知, 平13. 8. 3, : )  
(T921 前置登録, 平14. 2. 8, : )

登録記録

最終納付年分

本権利抹消日 [ ] 閉鎖登録日 [ ]

権利者 -